

## PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 2003-347630

(43)Date of publication of application : 05.12.2003

(51)Int.Cl.

H01S 3/06

(21)Application number : 2002-156728

(71)Applicant : KYOCERA CORP

(22)Date of filing : 30.05.2002

(72)Inventor : OKUDA MICHITAKA

YASUJIMA HIROMI

FURUKATA YUKIKO

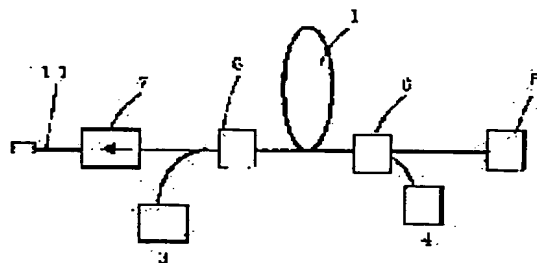
TAKEI YUSUKE

## (54) BROAD-BAND LIGHT SOURCE AND OPTICAL AMPLIFIER USING SAME

## (57)Abstract:

**PROBLEM TO BE SOLVED:** To provide a light source having a simple structure, an excellent spectral flatness, a broad bandwidth including S+C+L bands, and a high output.

**SOLUTION:** The broad-band light source is so constituted that beams of exciting light different in wavelength or in intensity are coupled to both ends of a rare earth-doped fiber or to their vicinity and that light spontaneously emitted when the beams of exciting light are absorbed by the rare earth element in the fiber core is outputted.



## LEGAL STATUS

[Date of request for examination]

15.11.2004

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

[Date of registration]

[Number of appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's decision of rejection]

**THIS PAGE BLANK (USPTO)**

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開2003-347630

(P2003-347630A)

(43) 公開日 平成15年12月5日 (2003.12.5)

(51) Int.Cl.<sup>7</sup>

H 0 1 S 3/06

識別記号

F I

H 0 1 S 3/06

データベース(参考)

B 5 F 0 7 2

審査請求 未請求 請求項の数12 O L (全 8 頁)

(21) 出願番号 特願2002-156728(P2002-156728)

(22) 出願日 平成14年5月30日 (2002.5.30)

(71) 出願人 000006633

京セラ株式会社

京都府京都市伏見区竹田扇羽殿町6番地

(72) 発明者 奥田 通孝

神奈川県横浜市都筑区加賀原2丁目1番1号 京セラ株式会社横浜事業所内

(72) 発明者 安島 弘美

神奈川県横浜市都筑区加賀原2丁目1番1号 京セラ株式会社横浜事業所内

(72) 発明者 古堅 由紀子

神奈川県横浜市都筑区加賀原2丁目1番1号 京セラ株式会社横浜事業所内

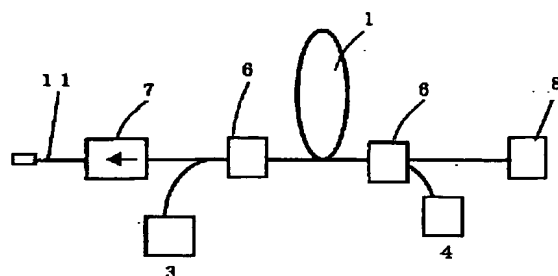
最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 広帯域光源及びこれを用いた光増幅器

(57) 【要約】

【課題】 スペクトラム平坦性に優れ、S+C+Lバンドを含む広帯域、高出力な光源を簡易な構成で提供する。

【解決手段】 希土類添加ファイバの両端または両端近傍に、それぞれ波長または強度の異なる励起光を結合させ、この励起光が前記希土類添加ファイバのコア内の希土類元素に吸収されることにより生じる自然放光光を出力するようにして広帯域光源を構成する。



【特許請求の範囲】

【請求項 1】希土類添加ファイバの両端または両端近傍に、それぞれ波長または強度の異なる励起光を結合させ、この励起光が前記希土類添加ファイバのコア内の希土類元素に吸収されることにより生じる自然放出光を出力するようにした広帯域光源。

【請求項 2】上記希土類添加ファイバの両端またはその近傍に、励起光を結合する合波器を備え、一方端側の合波器には自然放出光の出力ポートを、他方端側の合波器には出力光の反射手段をそれぞれ備えたことを特徴とする請求項 1 記載の広帯域光源。

【請求項 3】上記励起光の少なくとも一つが、異なる波長または強度の光を合波したものであることを特徴とする請求項 1 または 2 記載の広帯域光源。

【請求項 4】第 1 の希土類添加ファイバの両端または両端近傍に、それぞれ波長または強度の異なる励起光を結合させ、この励起光が上記希土類添加ファイバのコア内の希土類元素に吸収されることにより生じる自然放出光を出力するようにした広帯域光源であって、上記励起光の少なくとも一つが、第 1 の希土類添加ファイバの出力光と異なる波長、帯域幅または強度を有する第 2 の希土類添加ファイバからの自然放出光であることを特徴とする広帯域光源。

【請求項 5】上記第 2 の希土類添加ファイバからの自然放出光を出力するための励起手段としてさらに少なくとも一つの自然放出光源を用いたことを特徴とする請求項 4 記載の広帯域光源。

【請求項 6】上記第 2 の希土類添加ファイバが、第 1 の希土類添加ファイバとは異なる希土類元素を含有することを特徴とする請求項 4 または 5 記載の広帯域光源。

【請求項 7】上記第 2 の希土類添加ファイバが Tm、Er または Pr を含有することを特徴とする請求項 6 記載の広帯域光源。

【請求項 8】上記励起光を結合するための合波器やその他の光部品のうち、少なくとも二つを一つの複合機能モジュールとして集約したことを特徴とする請求項 1～7 のいずれかに記載の広帯域光源。

【請求項 9】上記希土類添加ファイバから出力される自然放出光に加えて、少なくとも一方の励起光源の出力光を併せて出力するようにしたことを特徴とする請求項 1～8 のいずれかに記載の広帯域光源。

【請求項 10】出力ポートに多分岐器を接続し、複数の出力ポートを備えたことを特徴とする請求項 1～9 のいずれかに記載の広帯域光源。

【請求項 11】上記希土類添加ファイバやその他の光ファイバとして、偏波面保存型光ファイバを用いたことを特徴とする請求項 1～10 のいずれかに記載の広帯域光源。

【請求項 12】請求項 1～11 のいずれかに記載の広帯域光源における光回路内に入力ポートを設け、該入力ポ

ートから入力した信号光を増幅し、出力ポートから出力するようにしたことを特徴とする光ファイバ増幅器。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、Tm（ツリウム）あるいはEr（エルビウム）、Pr（プラセオジウム）等の希土類元素を添加した増幅用ファイバに励起光を結合することにより発生する自然放出光（ASE光）を光源として使用する広帯域光源に関するもので、波長多重光通信システム、それに使用する部品評価用、温度・歪みを検知する光センシング用の広帯域光源として使用されるものである。

【0002】

【従来の技術】Er（エルビウム）、Tm（ツリウム）、Pr（プラセオジウム）に代表される希土類元素をファイバコアに添加した希土類添加ファイバは、そこにある特定波長の励起光を入射することにより、内部の希土類元素が励起光を吸収、励起され、ある特定波長の光を放射する。即ち、その励起光により希土類元素のエネルギー準位が、基底準位から高い状態、励起準位に遷移する。しかし、そのままにしておくと高いエネルギー状態から安定した基底状態に戻ろうとし遷移する。その際、エネルギーが放出され、それが自然放出光として出力される。

【0003】このようにして発生したインコヒーレントで、高出力、広帯域、安定した出力の光は、Amplified Spontaneous Emission 光（以下、ASE光）と呼ばれ、近年各種光通信用ファイバ、光部品の評価用光源、Fiber Bragg Grating（略FBG）を用いた温度・歪み検知用光源として多用されている。

【0004】代表的な例として、希土類元素のEr（エルビウム）、Tm（ツリウム）、Pr（プラセオジウム）等を添加した希土類添加ファイバを用いた広帯域光源があり、図13は、そうした光源の一構成例、図14はその波長出力特性の例である。希土類添加ファイバ1にTm添加ファイバを使用し、励起光源3からの励起光を合波器6で希土類添加ファイバ1に結合し、その一端には反射体8を、他方端には光アイソレータ7を介して出力端子11を備えることで、Sバンド出力の広帯域光源が得られている。

【0005】

【発明が解決しようとする課題】しかしながら、図13に示す広帯域光源では、図14に特性図を示すように出力があまり高くなく、出力に十分な広帯域性、平坦な特性が得られておらず、改善が必要である。

【0006】また、これまでSバンド、Cバンド、C+Lバンド等のASE光を用いた広帯域光源は報告されているものの、Sバンドから全てを含むS+C+Lバンドの高出力かつ広帯域な光源、特に平坦な波長特性かつ高出力な広帯域光源は得られていなかった。このような広

帯域光による測定に対しては、Sバンド、C+Lバンドの光源を別々に用意し、合波器で出力光を合波して用いていたが、途中出力されていない波長帯域があり（デッドゾーンの存在）、S+C+Lバンド光を使用した評価測定は、非常に困難な状況であった。

【0007】

【課題を解決する為の手段】本発明は前記課題を解決する為、希土類添加ファイバの両端または両端近傍に、それぞれ波長または強度の異なる励起光を結合させ、この励起光が前記希土類添加ファイバのコア内の希土類元素に吸収されることにより生じる自然放出光を出力するようにして広帯域光源を構成したことを特徴とする。

【0008】また、本発明は、第1の希土類添加ファイバの両端または両端近傍に、それぞれ波長または強度の異なる励起光を結合させ、この励起光が上記希土類添加ファイバのコア内の希土類元素に吸収されることにより生じる自然放出光を出力するようにした広帯域光源であって、上記励起光の少なくとも一つが、第1の希土類添加ファイバの出力光と異なる波長、帯域幅または強度を有する第2の希土類添加ファイバからの自然放出光であることを特徴とする。

【0009】

【発明の実施の形態】以下、図に基づいて本発明による広帯域光源の実施例について説明する。

【0010】図1は、本発明の第一の実施形態を示しており、希土類添加ファイバ1の双方向から合波器6を介して励起光源3、4から励起光を入射する構成とし、片側の出力端に反射体8を接続し、他方の出力端は光アイソレータ7を介して出力端子11を備えている。

【0011】自然放出光は、希土類添加ファイバ1内の両方向において発生する為、反射体8を接続することにより、反対方向に戻し、更に希土類添加ファイバ1内で励起光源4からの励起光により再励起することにより高出力な自然放出光となり、より高出力な広帯域光源にすることができる。反射体8としては、誘電体多層膜による薄膜タイプその他、ファラデー回転子の片側にミラーを付けたファラデーローテータミラー、3dBファイバカップラ出力側ファイバを接続したファイバループミラー等を使用することができる。

【0012】励起光源4は、半導体レーザによるものその他、広帯域な自然放出光を励起光源として用いることができる。

【0013】ここで、本発明では、上記2つの励起光源3、4からの励起光として、波長または強度の異なるものを用いており、これにより出力する自然放出光源をより広帯域化、高出力化することができる。

【0014】また、本発明の第二の実施形態として、励起光源3、4の少なくとも一方に自然放出光源を用いることもできる。

【0015】図2の四角内の光回路は、片側の励起光源

4を自然放出光とした場合の光回路構成例であり、第2の希土類添加ファイバ2に合波器6を介して励起光源5を結合し、一方端に反射体8を備え、他方端を出力端としたものである。この図2の光回路部を図1の励起光源4として設置することにより、自然放出光源を励起光源4として用いることができる。

【0016】図3のbは、図2の光回路において、希土類添加ファイバ2にエルビウムを添加したものをを用い、励起光源5として、波長1480nmのものを使用した場合の波長—出力特性である。C+Lバンド（波長：1530～1625nm）にわたって広帯域な出力特性bが得られていることがわかる。なお、出力特性aは、波長1550nm近傍の半導体レーザによる励起光源波長のスペクトラムである。出力特性a、b両方のスペクトラムを図1の励起光源4として使用可能である。

【0017】例えば希土類添加ファイバ1にTm添加ファイバを用いた場合、励起光源3の波長としては、波長1050nmまたは1410nmのものが使用される。この場合、波長1550nm帯近傍の励起光により、安定した基底準位からの下準位への励起を1550nmの光に担わせ、その上準位への励起を1410nm光に分けて担わせる。それにより、さらに高いエネルギー準位に遷移させることができ、光変換効率が高く、高出力な自然放出光を出力することが可能である。

【0018】図1における合波器6は、ファイバ融着型のエバネセント結合を用いたタイプのもの又は誘電体多層膜を使用したフィルタを用いたタイプのものがある。例えば、図8に示したような希土類添加ファイバとシングルモードファイバとの融着接続部近傍に融着延伸部を構成したものをを用いれば、スプライス接続部がファイバカップラ内部に実装されることになり、又励起光を直接希土類添加ファイバと結合することができる為、効率よく励起することができる。又分布結合による側面励起方式のため、高出力な励起光源と安定に結合させることができる。

【0019】次に本発明の広帯域光源の動作を図に基づいて説明する。

【0020】図1において、励起光源3及び4から励起光が例えばTmを添加した希土類添加ファイバ1に入射する。ここで、励起光源4は、図2に示した光回路で構成される励起用の広帯域光源で、Erを添加した第2の希土類添加ファイバ2に1480nm帯の励起光を入れたもので、反射型に構成することにより、広帯域かつ高出力なC+Lバンドの自然放出光を出力する。それを図1に示した励起光源4として使用することができる。

【0021】図3にその場合の、励起光源4のスペクトラム特性bを示すように、C+Lバンドの広帯域な高出力スペクトラムである。なお、励起光源の波長としては、1480nmの他に980nm帯のものも使用することができ、図2のような1方向からの励起のみなら

ず、両方から励起する双方向励起により構成とすることもでき、その場合より広帯域かつ平坦なスペクトラム特性を有する励起用光源とし実現できる。要は、C+Lバンドの高出力なものであれば、どの構成であっても良い。又、図3のスペクトラム特性aに示した狭帯域の半導体レーザ光源を励起光源として用いてもよい。その場合、通常の半導体レーザモジュールで、ファイバ端出力100mw程度のものが使用される。

【0022】励起光源4としてC+Lバンドの広帯域光源を用いた場合の、図1に示す広帯域光源の出力光のスペクトラム波形を図11のcに示す。Sバンドの部分がC+Lバンドの広帯域光により励起され、高出力化されていると同時に希土類添加ファイバ1を通過して同時に出力される。

【0023】これに対し、励起光源4としてC+Lバンド光を入力しない場合のスペクトラムfは、高い励起準位に遷移できないことから、効率が悪く、出力特性に明確に差が出ていることがわかる。

【0024】図4は、本発明の広帯域光源の他の実施形態を示す。

【0025】この実施形態では、後方（反射体8側）の合波器6は、Sバンド光を通過、C+Lバンド光を結合する特性を有するものを用い、この合波器6の一方側に励起光源5を他方側に第2の希土類添加ファイバ2と反射体8を接続したものである。

【0026】上記合波器6は、エバネセント結合によるファイバ融着延伸型部品の場合、結合度の波長依存性があり、十分な結合度、分離度が得られない場合は、ほぼ同じ結合部を2つ直列に構成したものを用いる。又、他に誘電体多層膜による分離・結合フィルタと接続用レンズを用いたモジュール型部品を用いてもよい。それにより、各結合・分離機能を急峻な波長特性をもつフィルタ部品を用いて構成でき、十分な結合分離特性を得ることができる。このように、使用する合波器6の構成に関わらず出力スペクトラムは、図11に示したものになる。

【0027】図5に本発明のさらに他の実施形態を示す。

【0028】この実施形態では、第2の希土類添加ファイバ2からの自然放出光を分岐器9により分岐し、その一部を第1の希土類添加ファイバ1の後方からの励起光源として使用し、残部を第1の希土類添加ファイバ1の前方から、異なる波長の励起光源3と共に複合機能部品10aを介して希土類添加ファイバ1に合波入力する。それにより発生する自然放出光を出力端子11より出力することができる。

【0029】複合機能部品10aの構成の詳細は、図9に示すように、2つのエバネセント結合部を一つの基板上に構成したものである。

【0030】また、希土類添加ファイバ1の後方側にお

ける分岐器9と合波器6を一体化して複合機能部品として構成することも可能である。その場合は図10に示す複合機能部品10bを用いる。

【0031】図5のような構成をとることにより、希土類添加ファイバ1の両端から自然放出光を入射することで、不要な吸収が削減され、効率のよい励起が可能である。

【0032】さらに他の実施形態を図6に示す。図5と同様に、第2の希土類添加ファイバ2からの自然放出光（C+Lバンド）を分岐器9により分岐し、その一部を第1の希土類添加ファイバ1の後方側より合波器6により入射する。残部を第1の希土類添加ファイバ1からの出力光（Sバンド）と合波し、出力端子11から広帯域光（S+C+Lバンド）として出力される。

【0033】なお、希土類添加ファイバ1の後方側の分岐器9、合波器6は、上述したように図10に示す複合機能部品10bとして構成してもよい。

【0034】図6の実施形態における、出力スペクトラムを図12のeに示す。図11のスペクトラムcに比較し、C+Lバンド光の分岐された一部が、第1の希土類添加ファイバに入射、励起するのに使用される。その他のC+Lバンド光はそのまま出力される為、第1の希土類添加ファイバ内での不要な吸収・減衰がなく、特に波長1600nm近傍の出力が減衰していない。

【0035】さらに他の実施形態を図7に示す。図6に示した構成例において、出力部に複合機能部品10bを設置し、第1の希土類添加ファイバ1からの出力光と第2の希土類添加ファイバ2からの自然放出光のうち励起光として使用されないものを上記複合機能部品10b内の分岐器9で分岐するとともに、さらにその光を出力端の分岐器9で2分岐する機能を有するものである。

【0036】上記複合機能部品10bの代わりに、誘電体多層膜フィルタを用いた他の方式のものを使用することも可能である。又、出力端の分岐器9を3分岐、4分岐以上のものにすることも可能である。その場合も、広帯域なファイバカプラ型部品で構成可能である。

【0037】又、本発明において使用する各光部品、希土類添加ファイバ、光アイソレータ、励起光源用ファイバ、合分波器、分岐・結合器を、偏波保存型光部品又は偏波保存ファイバにより構成し、自然放出光を出力することも可能である。

【0038】更に出力側の光アイソレータの部分に光サーキュレータを設置し、入力端と出力端を設け、入力端から信号光を入力することにより、広帯域な光ファイバ増幅器として構成することも可能である。

【0039】

【実施例】本発明の広帯域光源の実施例を以下に示す。

【0040】図1に示した広帯域光源の出力波形を図11に示す。第1の希土類添加ファイバ1としてTm添加ファイバを用い、その前方側より励起光源3から141

0 nm帯の励起光、後方側より励起光源4からの励起光、即ち図3のbに示したスペクトラムのC+Lバンドの広帯域光を入射する。希土類元素のエネルギー準位の励起・遷移により生じる自然放光は、その両端から出力されるが、一方の自然放光は片側に設置した反射体8に反射され、再度第1の希土類添加ファイバ1に入射、再励起され、それによる自然放光も含めて、出力端11から出力される。

【0041】C+Lバンドの広帯域光を出力する励起光源4は、図2に示した1480 nmの励起光源5で励起される第2の希土類添加ファイバ2のEr添加ファイバからなる。例えば、第2の希土類添加ファイバとして、Er濃度800 ppm、ファイバ長80 mとし、反射体8の反射率90%、励起光のファイバ端出力180 mW、励起光源3は1410 nm帯の半導体レーザで、ファイバ端出力110 mWとした。第1の希土類添加ファイバであるTm添加フッ化物ファイバのTm添加濃度は2000 ppm、ファイバ長20 m、反射体8の反射率は90%である。

【0042】励起光源4からのC+Lバンド光の一部は、Tm元素に吸収され、Sバンド光を高出力化、広帯域化するが、吸収されずに残った成分は、Sバンド光と共に出力端11から出力される。C+Lバンドの広帯域な励起光源5を強くすることで、Sバンド、C+Lバンド出力を大きくすることができる。図11は、その出力スペクトラムを示したものであるが、1580 nm以上の光が第1の希土類添加ファイバを通過する際、吸収等により減衰している。

【0043】図6に示す本発明の他の実施例の出力スペクトラムを図12のeに示す。各使用する励起光、希土類添加ファイバの条件は、前の実施例と同じである。この場合、励起光であるC+Lバンド光を一度分岐器9で分け、一つは第1の希土類添加ファイバ1であるTm添加ファイバの励起用、他は出力端にてSバンド光と合波、加算されて出力する構成となっており、この場合は、C+Lバンドの励起光源の光の多くをそのまま出力光とするので、波長1580 nm以上の光が減衰せず、そのまま出力される。尚、励起用C+Lバンド光の分岐器9の分岐比率としては、ほぼ第1の希土類添加ファイバ励起用に30%、出力用に70%である。この比率は当然ながら条件によって変わる。

【0044】図7は、出力端子側に分岐器を入れ、多出力光源としたものである。当然のことながら、図7記載の2出力に留まらず、使用する分岐器をそれ以上の3又は4分岐等の多出力化も可能である。3 dBカプラは、波長1460~1620 nmまでの波長帯域をカバーする為、広帯域型の3 dBカプラであることが必要である。その場合は、3 dBカプラ部のエバネセント結合するファイバ同士の片側のコア径等、片側ファイバの構造を変えることで、容易に構成することができる。又、そ

こで使用するファイバを3本、4本等多数使用することで、3分岐、4分岐器として構成することが可能である。尚、こうした光部品は、ファイバ融着延伸型に限らず、誘電体多層膜とレンズによる構成でも可能である。

【0045】

【発明の効果】以上説明したように本発明によれば、以下のような優れた効果がある。

(1) 希土類添加ファイバに異なる波長及び強度の励起光をファイバ端の両方から結合、それにより出力する自然放光をより広帯域・高出力化することができる。又、片側に反射体を取り付けることにより更に高出力にすることができる。

(2) 励起光の一つを広帯域光源とし、その光も併せ同出力端子から出力させることにより更に広帯域な光源とすることができる。

(3) 励起光の一部を分岐器により分岐、一部は希土類添加ファイバの励起に、他はそのまま出力することで、出力光の減衰を抑え、高出力・広帯域化することができる。

(4) 異なる波長及び強度の励起光も併せ出力端で合波することにより出力光のパワーを減衰させることなく、高出力化することができる。

(5) 合分波部、分岐結合部など、使用する光部品の機能の複合化を図り、使用する部品点数を削減することができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明における広帯域光源の第1の実施形態を示す構成図である。

【図2】本発明における広帯域励起光源を示す図である。

【図3】広帯域光源の波長－出力特性例を示す図である。

【図4】本発明における広帯域光源の第2の実施形態を示す構成図である。

【図5】本発明における広帯域光源の第3の実施形態を示す構成図である。

【図6】本発明における広帯域光源の第4の実施形態を示す構成図である。

【図7】本発明における広帯域光源の第5の実施形態を示す構成図である。

【図8】本発明において使用する合波器の構成例を示す図である。

【図9】本発明において使用する複合機能部品を示す図である。

【図10】本発明において使用する複合機能部品を示す図である。

【図11】本発明の第1の実施形態の波長スペクトラム特性例を示す図である。

【図12】本発明の第3の実施形態の波長スペクトラム特性例を示す図である。

【図13】従来のSバンドの広帯域光源の光回路を示す図である。

【図14】従来のSバンド広帯域光源の波長—出力特性を示す図である。

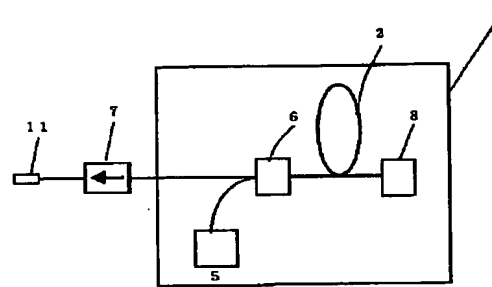
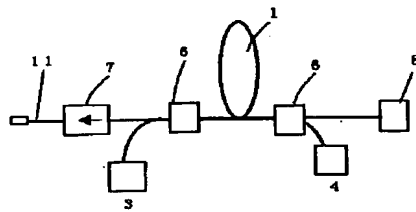
【符号の説明】

- 1：第1の希土類添加ファイバ
- 2：第2の希土類添加ファイバ
- 3：励起光源
- 4：励起光源

- 5：励起光源
- 6：合分波器
- 7：光アイソレータ
- 8：反射体
- 9：分岐・結合器
- 10a：複合機能部品
- 10b：複合機能部品
- 11：出力端子

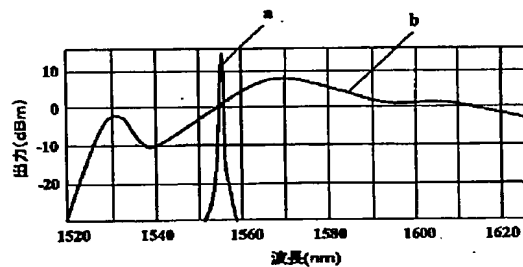
【図1】

【図2】

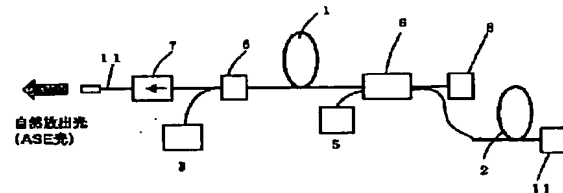


【図3】

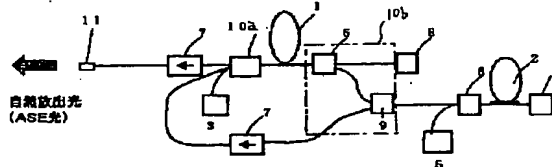
【図4】



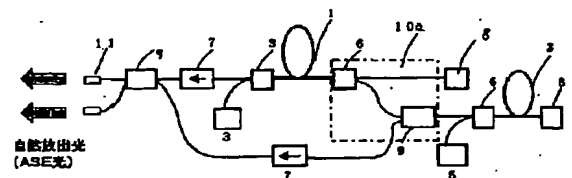
【図5】



【図6】

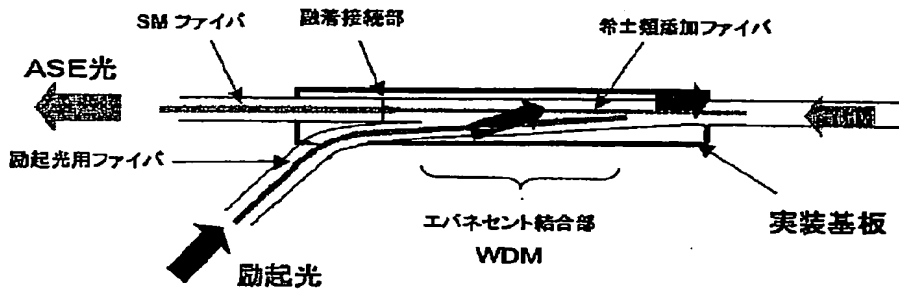


【図7】



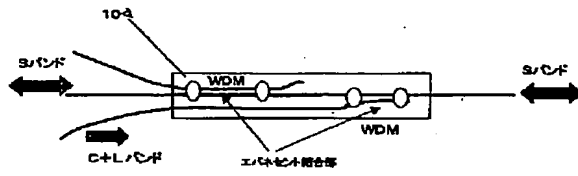


【図 8】

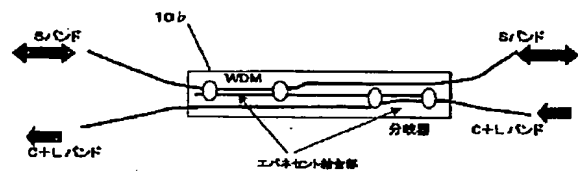


【図 9】

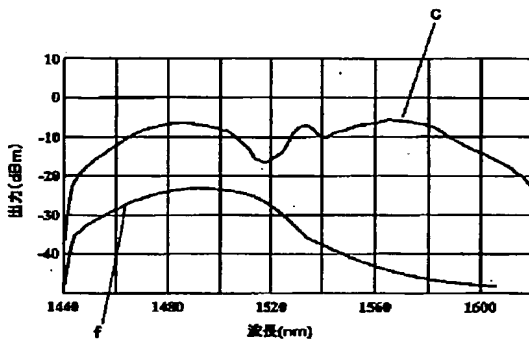
【図 10】



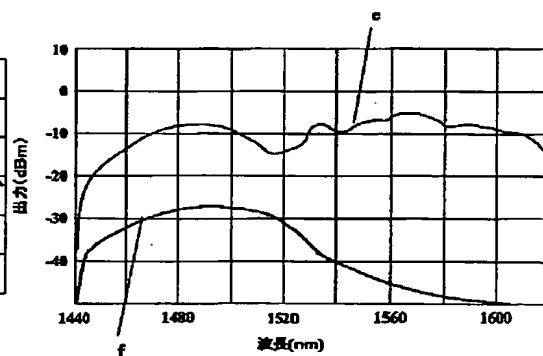
【図 11】



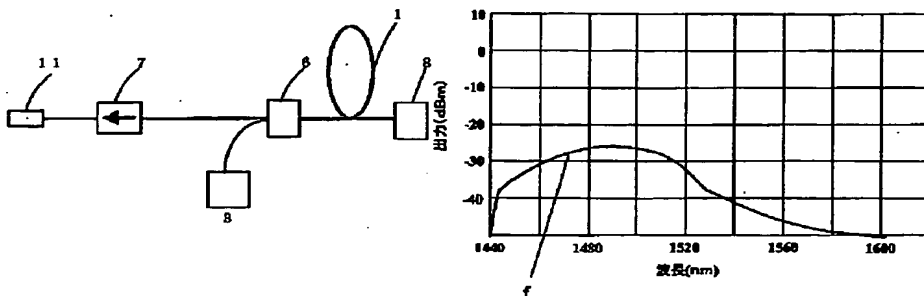
【図 12】



【図 13】



【図 14】



フロントページの続き

(72)発明者 武井 裕介  
神奈川県横浜市都筑区加賀原2丁目1番1  
号 京セラ株式会社横浜事業所内

Fターム(参考) 5F072 AB07 AB09 JJ04 JJ20 KK06  
KK30 PP07 YY17